UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1952-1953 — N° 114

DE L'EXPLORATION FONCTIONNELLE DES POUMONS SÉPARÉS

INTÉRÊT DES MÉTHODES INDIRECTES DE MESURE

Travail de la Clinique de la Tuberculose
(Professeur F. Piéchaud)
Centre Départemental de Pneumo-Phtisiologie Xavier-Arnozan.

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Lundi 22 Juin 1953

PAR

Jean-François-Robert-Christian d'AUTHEVILLE

CROIX DE GUERRE 1944
MÉDAILLE DE LA FRANCE LIBRE
CROIX DU COMBATTANT
MÉDAILLE DES ENGAGÉS VOLONTAIRES
U. S. PRESIDENTIAL CITATION

Né à Paris (Seine), le 25 Mai 1925

Examinateurs de la Thèse :

MM. PIÉCHAUD, professeur. ..... *Président*
CREYX, professeur ..... } *Juges*
LAUMONIER, agrégé ..... }
DEPAULIS, agrégé ..... }

BORDEAUX
IMPRIMERIE E. DROUILLARD
3, PLACE DE LA VICTOIRE, 3

1953

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX

FACULTÉ MIXTE DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

1952-1953 — N° 114

DE L'EXPLORATION FONCTIONNELLE DES POUMONS SÉPARÉS

INTÉRÊT DES MÉTHODES INDIRECTES DE MESURE

Travail de la Clinique de la Tuberculose
(Professeur F. Piéchaud)
Centre Départemental de Pneumo-Phtisiologie Xavier-Arnozan.

THÈSE POUR LE DOCTORAT EN MÉDECINE

Présentée et soutenue publiquement le Lundi 22 Juin 1953

PAR

Jean-François-Robert-Christian d'AUTHEVILLE

CROIX DE GUERRE 1944
MÉDAILLE DE LA FRANCE LIBRE
CROIX DU COMBATTANT
MÉDAILLE DES ENGAGÉS VOLONTAIRES
U. S. PRESIDENTIAL CITATION

Né à Paris (Seine), le 25 Mai 1925

Examinateurs de la Thèse

MM. PIÉCHAUD, professeur..... *Président*
CREYX, professeur .... *Juges*
LAUMONIER, agrégé ....
DEPAULIS, agrégé .....

BORDEAUX
IMPRIMERIE E. DROUILLARD
3, PLACE DE LA VICTOIRE, 3

1953

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE BORDEAUX

DOYENS HONORAIRES : MM. DUPÉRIÉ, CHELLE.
DOYEN : M. PORTMANN. — **ASSESSEUR** : M. SIGALAS.

PROFESSEURS HONORAIRES :

MM. A. MANDOUL, GUYOT, ANDÉRODIAS, ROCHER, LANDE, DUVERGEY, CARLES, LEURET, PÉRY, LABAT, CHARRIER, DUBREUIL, MACHEBŒUF, CRUCHET.

PROFESSEURS :

	MM.
Clinique médicale	CREYX / BROUSTET
Clinique chirurgicale	PAPIN / MASSÉ
Clinique d'accouchements	RIVIÈRE
Clinique gynécologique	MAGENDIE
Anatomie pathologique et microscopie clinique	DE GRAILLY
Anatomie	DUFOUR
Anatomie générale et histologie	MAYER
Hygiène et Clinique de la tuberculose	PIÉCHAUD
Médecine légale et médecine du travail	DERVILLÉE
Electroradiologie et clinique d'électricité médicale	REBOUL
Chimie	MESNARD
Matière médicale	GOLSE
Pharmacie	VITTE
Physiologie	FABRE
Clinique médicale des maladies des enfants	FONTAN
Zoologie et parasitologie	SIGALAS

	MM.
Pathologie générale et expérimentale	SARIC
Clinique ophtalmologique	BEAUVIEUX
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	POUYANNE
Clinique des maladies infectieuses	AUBERTIN
Chimie biologique et médicale	TAYEAU
Physique médicale et pharmaceutique	PIFFAULT
Médecine coloniale et Clinique des maladies exotiques	BONNIN
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JOULIA
Clinique des maladies des voies urinaires	DARGET
Clinique des maladies nerveuses et mentales	DELMAS-MARSALET
Clinique d'oto-rhino-laryngologie	PORTMANN
Toxicologie et hygiène appliquée	CASTAGNOU
Clinique odonto-stomatologique	DUBECQ
Botanique et cryptogamie	GIRARD
Thérapeutique	N...

PROFESSEURS SANS CHAIRE :

MM. PERRENS (Maladies mentales), BLANQUET (Physique pharmaceutique).

MAITRES DE CONFÉRENCES AGRÉGÉS :

	MM.
Parasitologie	PAUTRIZEL
Physiologie	Mlle ROUGIER
Bactériologie	MOUSTARDIER
Anatomie pathologique	LÉGER
Anatomie	RIGAUD

	MM.
Pharmacie (1re Section)	R. GOLSE
Pharmacie (2e Section)	MASQUELIER / QUILICHINI
Pharmacie (3e Section)	CAZAUX
Biochimie médicale	NEUZIL
Pathologie expérimentale	FAURE

AGRÉGÉS EN EXERCICE :

	MM.
Médecine générale	DUBARRY / F.-J.TRAISSAC / BERGOUIGNAN / LENG-LÉVY / LAVIGNOLLE / MORETTI
Chirurgie générale	LAUMONIER / CHAVANNAZ / VILLAR / TINGAUD / DEPAULIS

	MM.
Obstétrique	CHASTRUSSE / FAUGÈRE
Ophtalmologie	BESSIÈRE
Oto-rhino-laryngologie	DESPONS
Dermatologie et syphiligraphie	LE COULANT
Pédiatrie et puériculture	VERGER
Médecine légale et médecine du travail	L'ÉPÉE
Electro-radiologie	LACHAPÈLE
Odonto-stomatologie	BENOIT
Urologie	LANGE

AGRÉGÉ LIBRE :

M. MAHON (Obstétrique).

COURS COMPLÉMENTAIRES :

	MM.
Médecine opératoire	DUFOUR
Accouchements	CHASTRUSSE
Puériculture	VERGER / PÉRY
Législation pharmaceutique	POPLAWSKI / COUSTOU
Anatomie	N...

	MM.
Cryptogamie	LAUBIE
Pharmacie galénique	N...
Organographie et physiologie végétale	TEMPÈRE
Chimie biologique analytique	MARQUEVIELLE
Chimie analytique	BABIN
Pathologie chirurgicale	LAUMONIER / VILLAR
Zoologie pharmaceutique	BAILENGER

Le Secrétaire de la Faculté : ROUGERIE.

Par délibération du 5 août 1879, la Faculté a arrêté que les opinions émises dans les Thèses qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle entend ne leur donner ni approbation ni improbation.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A MA MÈRE

CHEVALIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

CROIX DE GUERRE

MÉDAILLE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

Faible témoignage de mon infinie reconnaissance.

Cette première dédicace de ce modeste travail ne saurait m'acquitter de tout ce que tu as fait pour moi.

Découragé, au retour d'une guerre dure et pénible, tu as su m'aider et galvaniser mes efforts. C'est grâce à toi si, aujourd'hui, cette thèse consacre le couronnement de mes études.

Puisse le Seigneur, dans son infinie bonté, me conserver bien longtemps encore cet amour maternel tendant à la perfection.

A MA FEMME

Dont la fidèle présence à mes côtés est pour moi un des signes de l'Amour divin.

Immense est la part qui lui revient dans la conclusion de mes études et la certitude de ma vocation.

A MES ENFANTS

MARIE-CAROLINE

JEAN-CHRISTIAN

BÉATRICE

Qui sont la joie de mon existence.

A MON GRAND-PÈRE

COMMANDEUR DE LA LÉGION D'HONNEUR

CROIX DE GUERRE

A MA GRAND'MÈRE

Qui, depuis ma plus tendre enfance, me prodiguent une tendresse qui n'a d'égale que l'affection que j'ai pour eux...

Après toutes les bontés qu'ils ont eues à mon égard, puissent-ils aussi me garder les deux choses auxquelles je tiens le plus : l'estime de mon grand-père, l'amour de ma grand'mère.

A MON PÈRE

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

CROIX DE GUERRE

MÉDAILLE DE LA RÉSISTANCE

Qui m'a toujours encouragé dans la voie qui me semblait tracée.

A MES FRÈRES

Dont la profonde amitié n'a jamais été mise en défaut.

A MONSIEUR LE DOCTEUR FRANCIS NICOLAS

CHEF DE CLINIQUE ADJOINT

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

Qui nous a aidé dans notre tâche.

A TOUS MES AMIS ET CAMARADES

DU CENTRE DE PNEUMO-PHTISIOLOGIE XAVIER-ARNOZAN

ET DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE BORDEAUX

A NOS JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ DEPAULIS

ASSISTANT DE CHIRURGIE DES HÔPITAUX

Que nous remercions d'avoir bien voulu nous conseiller et examiner ce travail.

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LAUMONIER

CHIRURGIEN DES HÔPITAUX

OFFICIER D'ACADÉMIE

Qui nous a toujours témoigné une aimable attention. Nous lui sommes reconnaissant de l'enseignement éclairé qu'il nous a donné en son Service de Chirurgie thoracique.

MONSIEUR LE PROFESSEUR M. CREYX

PROFESSEUR DE CLINIQUE MÉDICALE

MÉDECIN DES HÔPITAUX

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

CROIX DE GUERRE

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

Dont la présence à notre jury de thèse est pour nous un grand honneur.

Pendant notre stage en son Service de Clinique médicale, il nous a prodigué un enseignement riche et de grande valeur.

Qu'il veuille bien trouver ici l'expression de notre respectueuse gratitude pour la bienveillance dont il a toujours fait preuve à notre égard.

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR F. PIÉCHAUD

PROFESSEUR D'HYGIÈNE ET DE CLINIQUE DE LA TUBERCULOSE

MÉDECIN DES HÔPITAUX

OFFICIER DE LA LÉGION D'HONNEUR

CROIX DE GUERRE

CHEVALIER DE L'ORDRE DE LA SANTÉ PUBLIQUE

MÉDAILLE DES ÉPIDÉMIES

OFFICIER DE L'INSTRUCTION PUBLIQUE

FELLOW IN THE AMERICAN COLLEGE OF THE CHEST PHYSICIANS

Cher Maître,

Nous voudrions pouvoir vous dire notre profond attachement et notre respectueuse reconnaissance.

Notre formation médicale restera imprégnée de l'enseignement théorique et technique détaillé et complet comme des notions qu'à vos côtés vos élèves ont pu acquérir : de l'amour du malade au respect de la personne humaine, de la psychologie de la souffrance aux exigences d'une médecine de qualité.

Votre exemple nous a aussi permis d'apprécier la plus belle qualité de l'Homme qui soigne : la bonté du cœur.

DE L'EXPLORATION FONCTIONNELLE
DES POUMONS SÉPARÉS
INTÉRÊT DES MÉTHODES INDIRECTES DE MESURE

INTRODUCTION

L'exploration globale de la fonction respiratoire ou, mieux, cardio-pulmonaire, est bien connue. Multiples sont les travaux relatifs aux tests et procédés de mesure : la spirographie, la spirométrie, les épreuves d'effort et l'ergométrie, l'oxymétrie cutanée et l'angiopneumographie, les mesures de la saturation oxyhémoglobinée et de l'air résiduel, entre autres méthodes, sont maintenant couramment employées dans les Centres d'exploration fonctionnelle.

C'est à dessein que nous n'aborderons pas dans ce travail l'étude de tous ces moyens mis à la disposition de l'exploration fonctionnelle. Nous limitons volontairement notre étude à l'exploration des poumons séparés, insistant sur l'intérêt des méthodes indirectes de mesure.

Car s'il est relativement aisé d'explorer l'ensemble de la fonction pulmonaire, il devient chaque jour plus intéressant de pouvoir mesurer la capacité et d'étudier la valeur fonctionnelle de chacun des poumons.

L'audace toujours plus grande des chirurgiens thoraciques, l'extension des indications d'exérèse et le recul du *cas limite* dû au succès des antibiotiques récents ont justifié des recherches approfondies quant aux méthodes d'exploration fonctionnelle des poumons séparés.

Il semble que les Lorrains se soient créés une spécialité

en la matière. La législation française réparant les maladies professionnelles s'appuyant bien plus sur les troubles fonctionnels, sur la *perte de gain* que sur l'étendue des lésions, le Centre d'exploration fonctionnelle de l'Hôpital Villemin, à Nancy, drainant la majorité des cas de silicose des bassins houillers de la Lorraine, est à l'heure actuelle un des laboratoires des mieux outillés et des plus compétents.

Certes, nous utilisons, au Centre départemental de pneumo-phtisiologie Xavier-Arnozan, une méthode directe d'exploration de chacun des poumons : la broncho-spirométrie, utilisant pour cela les sondes doubles de Gebauer, Zavod et Carlens. Fidèle et précise, la broncho-spirométrie est cependant une méthode non physiologique, traumatisante et de technique peu aisée. Nous verrons ses inconvénients; ils nous paraissent nombreux.

L'exploration fonctionnelle des poumons séparés a un domaine illimité dans la recherche scientifique et, dans chaque Faculté, des Laboratoires spécialisés travaillent la question. Mais quand on considère le nombre — augmentant sans cesse — des indications de l'exploration séparée, qui va des expertises médico-légales au traitement de la tuberculose pulmonaire, on doit poser le problème sur un plan essentiellement pratique et se localiser à quelques méthodes :

— Simples,

— Ayant fait leurs preuves,

— Facilement utilisables.

Nous savons bien que le problème est infiniment complexe. Les méthodes simples donnent des résultats grossiers, les méthodes complexes entraînent d'importantes difficultés d'ordre matériel, des résultats difficiles à interpréter, sans parler de la fatigue du malade.

Peut-être, d'un point de vue strictement scientifique, aurait-il mieux valu attendre, comme il a été proposé au Congrès de Sydney, la mise au point de méthodes encore plus parfaites. Le législateur, en France comme en Alle-

magne, d'ailleurs, la grande majorité des chirurgiens et des thérapeutes français et étrangers ont estimé qu'il convenait de recourir dès maintenant aux ressources de l'exploration fonctionnelle, si modestes et si imparfaites soient-elles.

Après une brève étude sur la cinématique thoracique, sur ses procédés d'investigation et les techniques que nous utilisons au Centre départemental de pneumo-phtisiologie Xavier-Arnozan, nous voulons présenter ici une double méthode indirecte d'exploration fonctionnelle des poumons séparés, que nous avons expérimentée pour la première fois à Bordeaux, au Laboratoire de l'exploration fonctionnelle de la chaire de Clinique de la tuberculose.

Mise au point par les Nancéens, la pneumo-densidigraphie consiste en l'association d'une méthode d'exploration de la cinématique thoracique découverte par l'Argentin Pollitzer et inspirée des travaux du Professeur Creyx : la *digraphie*, et de l'étude des différences de densité optique de points homologues du parenchyme pulmonaire aux deux temps extrêmes de la respiration, bien étudiée en 1946, à Paris, par Kourilsky et Marchal : la *densimétrie*.

LA DIGRAPHIE
MÉTHODE INDIRECTE D'EXPLORATION DE LA FONCTION DE VENTILATION

ÉTUDE DE LA CINÉMATIQUE THORACIQUE

Première étape de la fonction respiratoire — et non la moindre —, la ventilation est parfaitement connue et mise au point.

La physiologie nous enseigne ses phénomènes mécaniques, les modifications de volume de la cage thoracique, le rôle de la motricité broncho-bronchiolaire et de l'élasticité du parenchyme.

La fonction de ventilation repose cependant essentiellement sur la valeur de la musculature thoracique. La dilatation de la cage thoracique est le résultat d'un agrandissement suivant tous ses diamètres, provoqué par la contraction du diaphragme et des divers muscles élévateurs des côtes.

I. — Action du diaphragme

Muscle roi de la respiration, le puissant diaphragme est capable, à lui seul, de produire une inspiration très efficace, comme l'ont montré les expériences d'excitation électrique des nerfs phréniques de Duchenne. Quand il se contracte, ses dômes latéraux s'abaissent, les côtes inférieures s'élèvent et se portent en dehors, les sinus costo-diaphragmatiques s'élargissent et le bord inférieur du poumon s'y insinue plus profondément.

Par ses fibres antéro-latérales, dont la direction est presque parallèle à la paroi thoracique, le diaphragme,

s'appuyant sur la masse des viscères abdominaux, soulève les côtes sur lesquelles il s'insère et accroît ainsi le diamètre antéro-postérieur du thorax.

A l'expiration forcée, le diaphragme voit son action secondée par les muscles expirateurs qui abaissent les côtes et le refoulent en haut en comprimant les organes abdominaux. Ces muscles sont le triangulaire du sternum, le carré des lombes, le petit dentelé et les muscles de l'abdomen : grand oblique, petit oblique, transverse et grand droit.

La coupole s'élève alors jusqu'au niveau de la huitième vertèbre dorsale.

II. — Action des muscles élévateurs des côtes

La contracture simultanée de tous les muscles intercostaux a pour effet une élévation d'ensemble de la cage thoracique. Le sternum est projeté en avant, les côtes s'élèvent et se portent en dehors. D'autres muscles jouent un rôle important dans l'ampliation costale : les scalènes, le petit dentelé supérieur et postérieur, s'attachant sur les côtes, prennent leurs insertions fixes sur des points situés plus haut que les côtes à mouvoir. Les surcostaux se fixent sur la colonne vertébrale.

En outre, à l'inspiration forcée, le petit pectoral et le sous-clavier élèvent les côtes sur lesquelles ils s'attachent. De même, les fibres inférieures du grand pectoral prennent appui sur l'humérus immobilisé en abduction. Le sterno-cléido-mastoïdien, enfin, élève le sternum.

L'exploration de la fonction de ventilation doit rendre compte, d'une part, des capacités pulmonaires, d'autre part du brassage de l'air dans les poumons et l'arbre trachéo-bronchique, ce qui revient à porter, en pratique, toute notre attention sur les mouvements du diaphragme et des côtes, dont on se propose de noter leur amplitude, leur synchronisme ou leur discordance, et l'influence de leur trouble sur la ventilation pulmonaire.

De nombreux procédés d'évaluation ont été proposés.

Tous ont des avantages certains; tous ont des inconvénients plus ou moins importants.

Après une brève description de certaines méthodes intéressantes, nous indiquerons les procédés qui, au Laboratoire de l'exploration fonctionnelle du Centre de pneumophtisiologie, ont notre préférence.

La spirométrie. — Le spiromètre Verdin, simple compteur à gaz, le spiromètre d'Hutchinson, qui n'est autre qu'un gazomètre, mesurent la quantité d'air inspiré ou expiré. Le masque manométrique de Pech enregistre le débit respiratoire.

Utilisés dans quelques épreuves simples, nous pensons que ces spiromètres ont leur place dans la pratique sportive. Pour nous, la technique spirographique en circuit fermé est indispensable.

Le temps maximum d'apnée volontaire. — Successivement recherchée en inspiration et en expiration forcées, cette méthode, très intéressante, nécessite de la part du sujet examiné : docilité, compréhension et volonté, ce qui restreint déjà les indications... Les résultats, dépendant du degré d'entraînement du sujet, ne sont pas assez fidèles.

La pneumographie. - Permettant de mesurer et d'enregistrer l'expansion circonférentielle de la cage thoracique, un appareil très simple avait été construit par Paul Bert, consistant en un manchon métallique fermé à ses deux extrémités par une membrane en caoutchouc et mis en communication avec un tambour inscripteur. Un ruban passé autour du thorax était fixé aux membranes de caoutchouc de l'appareil; les mouvements de la cage thoracique se traduisaient donc par des variations de volume de l'air du manchon qui étaient transmises au tambour enregistreur.

Le pneumographe de Marey repose sur le même principe. Une plaque mince est posée à plat sur la poitrine du sujet. Deux tiges à crochet sont fixées aux extrémités de cette plaque. On attache sur ces tiges le ruban qui entoure

le thorax. Quand le thorax se dilate, la plaque métallique, de plate, devient courbe; quand le thorax se desserre, elle revient, grâce à son élasticité, à sa forme primitive. Un levier, soudé à la plaque, actionne la membrane élastique d'un tambour à air adapté à l'appareil, dont la cavité communique avec celle d'un autre tambour inscripteur, au moyen d'un tube de caoutchouc, pour inscrire la courbe de la respiration.

Skladal, à Prague, enregistre, au moyen d'un électro-pneumographe dont la technique et le principe s'apparentent à l'électro-cardiographe, les phénomènes électriques engendrés par les muscles respiratoires. Cette méthode semble être facile à réaliser et paraît avoir un avenir intéressant.

Le cinéma radiologique, enfin, constitue théoriquement la méthode parfaite d'exploration de la ventilation. Utilisée avec profit aux U. S. A., elle n'est pas encore entrée dans la pratique courante.

Voici les procédés que nous utilisons actuellement pour explorer la fonction de ventilation.

Nous pratiquons tout d'abord un *examen clinique*, torse nu, qui nous permet de noter :

— Le type statural du sujet,

— L'appréciation de la fréquence respiratoire au repos et après l'effort,

— La constatation éventuelle d'une dyspnée et son type : polypnée, bradypnée, dyspnée expiratoire ou inspiratoire,

— Les déformations rhino-pharyngées, rachidiennes, sternales, costales éventuelles.

La périmétrie thoracique. Au moyen d'un simple ruban métrique ou, mieux, du cyrthomètre, tel que l'a conçu notre Maître, le Professeur Piéchaud, corrigeant ainsi les erreurs de mesure du centimètre de la couturière, nous mesurons le périmètre thoracique à l'union de la sixième côte et du sternum, et au sommet de l'aisselle, en inspiration et en expiration forcées. Les tables de Ratner

nous donnent les valeurs des périmètres et amplitudes en fonction de l'âge et du sexe.

Mais il convient de ne pas attacher trop d'importance aux périmètres thoraciques, le parallélisme entre la périmétrie et l'amplitude respiratoire étant fort discuté (Ratner).

Cependant, la périmétrie nous permet de juger :

— De l'ampliation thoracique,

— De sa symétrie,

— Du type respiratoire.

Examen radiologique. — C'est l'étude, derrière l'écran radioscopique :

— De la mobilité pariétale générale,

— De la mobilité costale supérieure,

— De la cinétique diaphragmatique,

— De l'état pleural,

— De la statique médiastinale,

— De l'aspect du parenchyme.

L'orthoradioscopie permet de chiffrer l'ampliation diaphragmatique et d'apprécier la mobilité costale.

ÉTUDE DES VALEURS DE LA CAPACITÉ PULMONAIRE

C'est, avec l'appréciation de la musculature thoracique, la base de l'étude de la ventilation.

Le spirographe de Bénédict, construit par Boulitte, offre des inconvénients majeurs : faible volume du circuit fermé, inertie importante de l'appareil et résistance appréciable opposée par les soupapes. C'est pourquoi le Centre de pneumo-phtisiologie possède maintenant un double spirographe ventilé qui ne présente pas ces inconvénients.

Nous n'étudierons pas à dessein les valeurs de la capacité pulmonaire, air courant, airs complémentaire et de réserve, capacité vitale, ventilations minute et maxima-minute. Nous désirons insister sur la mécanique thoracique au

cours de la ventilation, et son étude particulière à chacun des poumons.

C'est à un Bordelais — originaire du Languedoc — que nous devons la première mise au point de la cinématique thoracique. Il y a quarante-deux ans, en 1911, le Professeur Creyx étudiait dans sa thèse les variations respiratoires des dimensions thoraciques à l'état normal et dans l'emphysème. Après avoir proposé d'excellents procédés de mesure de l'ampliation costale, il imaginait deux méthodes d'étude de la ventilation, jetant ainsi les premières bases scientifiques de l'exploration fonctionnelle respiratoire.

Le Professeur Creyx emploie d'abord la photographie. Il dispose, sur la poitrine d'un sujet, des index en position convenable. Il fait deux poses sur le même cliché, aux deux temps extrêmes de la respiration : inspiration et expiration forcées. Il mesure alors facilement l'ampliation costale.

Le Professeur Creyx imagine ensuite une technique plus précise. Il décalque sur deux clichés, l'un pris en inspiration forcée, l'autre en expiration forcée, les côtes, et mesure alors facilement le déplacement produit. Par un calcul très précis, il considère le déplacement costal comme la diagonale d'un parallélépipède rectangle dont les faces sont calculées en partant des modifications des positions d'index costaux convenablement choisis.

Cette méthode faisait faire à l'exploration fonctionnelle un prodigieux pas en avant. Mais les constantes radiologiques n'étaient pas identiques, et la marge d'erreur restait trop importante.

S'il était possible de juxtaposer, sur un même cliché, des régions pulmonaires identiques, prises les unes en inspiration, les autres en expiration, un certain nombre de causes d'erreur seraient éliminées.

Pour obtenir un tel résultat, il suffit d'interposer sur le trajet des rayons, devant le film radiologique, des bandes métalliques strictement opaques, ménageant entre elles des espaces libres ayant la même largeur que ces bandes.

HISTORIQUE DE LA MÉTHODE DIGRAPHIQUE

Inspirée des travaux du Professeur Creyx, découverte et publiée dans sa thèse par Guido Pollitzer, à Buenos-Ayres, en 1937, la méthode digraphique a été spécialement étudiée et mise au point au Laboratoire de médecine expérimentale de la Faculté de Nancy et au Centre d'exploration fonctionnelle de l'Hôpital Villemin de Nancy, créé par le Professeur Simonin et animé par le Professeur agrégé Girard et les Docteurs Sadoul et Grilliat.

I. — Principe

Cette méthode consiste à obtenir sur un même cliché la juxtaposition de deux plages identiques du parenchyme pulmonaire, aux deux moments extrêmes de la ventilation : inspiration forcée, expiration forcée.

Un système de grille, coulissant sur un cadre, permet d'obturer la moitié du champ pulmonaire pendant la prise du premier cliché puis, après avoir imprimé à la grille un mouvement de translation égal à la largeur d'un de ses barreaux obturant ainsi la portion du parenchyme déjà impressionnée, de prendre un second cliché.

On obtient ainsi, côte à côte, sur un même cliché, deux photographies juxtaposées de la cinématique pulmonaire, prises aux deux temps extrêmes de la ventilation.

II. — Technique

Nous utilisons une grille spécialement construite par un artisan nancéen, contenue dans un cadre de 35 cm × 35 cm.

La grille est composée de quinze lames verticales métalliques, opaques aux rayons X, et mesurant chacune 8 mm de largeur. Ces lames sont espacées d'un intervalle égal à leur largeur propre.

La grille est partagée en deux demi-grilles, fonctionnant en sens contraire, et dont le déplacement se fait latéralement par rapport à un axe médian. Une tirette, fixée au cadre, permet de déplacer chaque demi-grille en sens contraire d'une distance égale à la largeur d'une lame.

Par deux pattes nous avons fixé verticalement la grille au support-cassette de l'appareil de radiographie, entre l'ampoule et la cassette porte-film.

Le sujet à examiner est alors placé en position standard, thorax aplati contre la plaque, épaules basses et en avant, entre la cassette porte-film et l'ampoule. Devant le sujet se trouve la grille, devant la grille se trouve la cassette. Il est alors de toute nécessité de bien centrer le sujet.

La première pose est prise en expiration forcée : elle n'impressionne que les parties du film situées entre les lames, soit, au total, 50 % de la surface du film.

La seconde pose est prise en inspiration forcée, après avoir, par la tirette, fait imprimer à chaque demi-grille un mouvement de translation égal à la largeur d'une lame.

Pour éviter que le sujet ne bouge, nous avons conçu et fait fabriquer par un artisan de la banlieue bordelaise deux sangles fixées sur l'appareil de radiographie supportant la cassette, à dimensions variables et permettant de maintenir dans la même position générale le malade pendant la prise des deux clichés. Un réglage permet de sangler et le jeune enfant et l'adulte fort et la femme obèse (*).

(*) Voici les constantes radiologiques que nous utilisons :

Pour un enfant de dix ans environ.	pénétration : 76 kw. temps de pose : 8/100es.
Pour un adulte moyen	pénétration : 82 kw. temps de pose : 10/100es.
Pour une femme forte	pénétration : 85 kw. temps de pose : 10/100es.

Il est très important d'obtenir de la part du sujet une parfaite coopération. C'est pourquoi il est nécessaire de bien expliquer au malade ce qu'on attend de lui. De même, nous avons l'habitude de faire deux répétitions avant de prendre les clichés. En effet, il faut avoir la certitude que le sujet se trouve, pour chaque cliché, dans la position extrême de sa capacité vitale. A ce propos, les expérimentateurs nancéens envisagent de monter un spirographe de Bénédict comportant un signal électrique amenant le déclenchement automatique de l'appareil radiologique lorsque le sujet est en état d'inspiration maximum. L'idée est séduisante. Mais les Lorrains ont souvent affaire à des simulateurs, lors des expertises de silicoses... En ce qui nous concerne, nous pensons que les malades ont tout intérêt à se prêter à nos épreuves avec bonne volonté, après que toutes explications utiles leur aient été données. Nous n'avons, d'ailleurs, jamais encore rencontré d'indocile. Enfin, au moindre doute, nous contrôlons au spirographe.

C'est assez arbitrairement, d'autre part, que nous avons donné aux lames de la grille une largeur de 8 mm. Pollitzer utilise des lames de 0,2, 0,3, 0,5 et 1 cm.

Les lames étroites sont indiquées dans l'étude du détail des déplacements thoraciques; les bandes plus larges sont intéressantes dans l'étude des différences de densité optique du parenchyme qui, nous le verrons, sont à la base de la densimétrie, autre méthode indirecte d'exploration fonctionnelle des poumons séparés, mais qui utilise la même technique que la digraphie.

De même, si nous utilisons, au Centre de pneumo-phtisiologie, des lames verticales, on peut mettre celles-ci en position horizontale. C'est ce que fait Pollitzer en Argentine. La position horizontale permet de donner une meilleure lecture des déplacements médiastinaux et cardiaques; la position verticale a notre préférence quant à l'étude de l'ampliation diaphragmatique.

INTÉRÊT DE LA MÉTHODE

La *diagraphie* permet d'étudier les déplacements thoraciques au cours de la ventilation. Elle met en évidence :

— Le déplacement costal,

— Les mouvements du muscle diaphragme,

— Le type respiratoire du sujet,

— L'asymétrie respiratoire par discordance entre les mouvements costaux et diaphragmatiques, et les parts relatives prises par les côtes et le diaphragme au cours de la ventilation,

— La valeur comparée des ampliations droite et gauche,

— La possibilité des zones peu ou mal ventilées,

— La souplesse du médiastin et les déplacements relatifs des différents organes des hémithorax.

En outre, chez un sujet emphysémateux, nous étudierons aisément les mouvements du diaphragme et son irrégularité anatomique, l'intensité de l'hyperclarté pulmonaire.

En médecine sportive comme en chirurgie thoracique, on jugera des progrès de l'éducation ou de la rééducation respiratoire, dont on suivra exactement la progression.

Lors de l'expertise médico-légale d'un blessé ou d'un malade pulmonaire, il est intéressant de mettre l'interprétation de la valeur fonctionnelle de la ventilation en dehors de toute impression subjective. De même, plus aisée sera la détection du bien-fondé éventuel d'une dyspnée souvent simulée.

En conclusion, cette méthode nous permet de noter toutes les anomalies de la fonction de ventilation.

ÉTUDE DU DÉPLACEMENT COSTAL SUR LE CLICHÉ DIGRAPHIQUE

Comme l'a montré le Professeur Creyx, le déplacement costal est difficile à mesurer. L'agrandissement de la cage thoracique dans tous ses diamètres est certes peu aisé à chiffrer sur le seul plan de notre cliché digraphique.

Néanmoins, la seule mensuration de la pente costale permet d'apprécier la souplesse de la musculature. Nos chiffres portent sur les pentes droite et gauche des troisième et cinquième côtes, qui nous semblent refléter suffisamment les mouvements de l'hémithorax.

ÉTUDE DE L'AMPLIATION DIAPHRAGMATIQUE

La mesure de l'amplitude des mouvements de la coupole diaphragmatique permet, par sa simplicité, de donner des renseignements rapides. Nous mesurons en millimètres, à droite et à gauche, l'ampliation du diaphragme, que nous reportons sur un calque, véritable carte de la ventilation.

On appréciera, d'autre part, la régularité de la coupole, en inspiration et en expiration.

Interprétation des résultats

Nous attribuons plus de valeur à la comparaison des mensurations plutôt qu'à leur valeur absolue en millimètres. L'asymétrie respiratoire peut ainsi être mise en évidence.

Les résultats sont fonction de l'âge, d'abord. Le déficit fonctionnel est physiologique quand il est dû au vieillissement. Des formules de régression en fonction de l'âge ont été calculées. Le déficit n'est pas pathologique quand il est la conséquence d'un long repos au lit ou d'un manque d'entraînement. Il faut, enfin, savoir que, chez l'enfant, la

ventilation au repos est essentiellement effectuée par le diaphragme, que l'homme respire surtout avec ses côtes inférieures et son diaphragme, et la femme en dilatant la partie supérieure du thorax.

Ceci dit, nous pensons que, pour un homme normal, de constitution et de taille moyennes, les mesures digraphiques de l'ampliation costale pourraient être, symétriques :

— Pour la troisième côte ..... 4 - 8 - 13 - 20;

— Pour la cinquième côte .... 4 - 9 - 15 - 25.

Nous avons décrit ailleurs la technique qu'emploie le Professeur Creyx pour chiffrer l'ampliation costale. Une mensuration plus précise devra s'y référer.

En ce qui concerne le diaphragme, Bouchard et Guilleminot ont montré que, sur le sujet normal, la courbure diaphragmatique se trouve, en position moyenne, à droite, à 165 mm en dessous de l'horizontale sus-sternale, et, à gauche, à 185 mm en dessous de cette ligne. De même, l'ampliation du muscle est, à la ventilation normale, de 16 à 18 mm; pour Roche et Thivolet, aux mouvements extrêmes de la ventilation, cette ampliation est normale si elle est égale ou supérieure à 50 mm. En dessous de 30 mm, la fonction respiratoire est très altérée.

ÉTUDE DU TYPE RESPIRATOIRE DU SUJET EXAMINÉ

Le jeu combiné des mouvements des côtes et du diaphragme permet de décrire différents types de respiration; il est du plus grand intérêt, pour le chirurgien, de connaître le type respiratoire d'un sujet : une simple étude d'un cliché digraphique le renseigne immédiatement.

COMPARAISON DE LA DIGRAPHIE AUX AUTRES MÉTHODES UTILISÉES DANS LE MÊME BUT

a) Comparaison entre *deux clichés radiographiques pris, l'un en inspiration forcée, l'autre en expiration forcée* (Creyx). — Cette méthode, qui a rendu en son temps de grands services, est, en fait, d'interprétation très délicate; de même il n'est pratiquement pas facile de prendre deux clichés avec exactement les mêmes constantes électriques.

b) Surimpression sur le même cliché des deux positions extrêmes de la ventilation. — Si le principe est séduisant, l'expérience prouve que le document est fort peu lisible.

c) Radiokymographie. — Méthode très précise permettant l'enregistrement de l'ensemble des mouvements de la ventilation et une bonne étude de la cinématique thoracique, son usage dérive de celui qui en est fait en cardiologie. Si elle permet d'apprécier la mobilité d'un moignon pulmonaire ou d'une caverne, il est bien rare qu'une simple radioscopie ne suffise pas pour obtenir les mêmes renseignements. La digraphie, avec son simple document, est moins complexe et moins coûteuse.

INDICATIONS DE LA MÉTHODE DIGRAPHIQUE

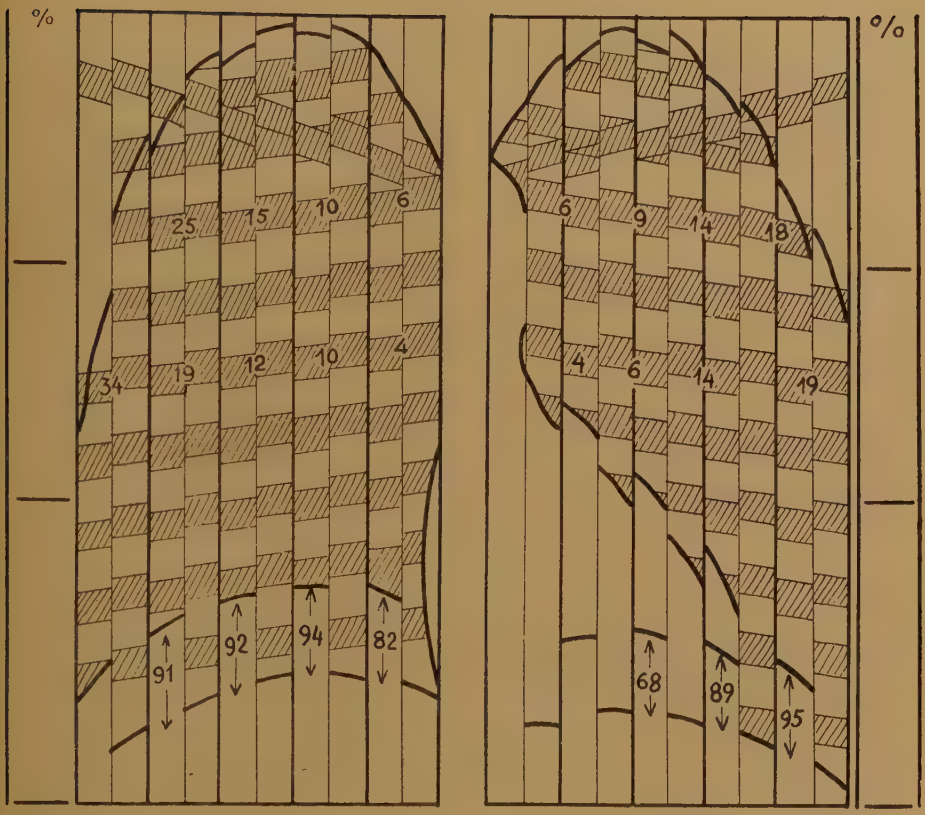
Les nombreux avantages de cette méthode et sa simplicité nous incitent à l'utiliser systématiquement à chaque exploration de la fonction respiratoire. Voici, schématisées, quelques observations qui nous semblent intéressantes.

La digraphie nous paraît particulièrement indiquée :

— En *pneumologie,* pour établir le bilan des phénomènes mécaniques de la respiration,

OBSERVATION I

M. Jean-François d'A..., vingt-huit ans, 1 m. 78, 79 kg.
Pas de maladie pulmonaire.
Capacité vitale : 4 l. 200.
Ventilation maxima/minute : 112 litres.



OBSERVATION I

Compte rendu digraphique.

Type respiratoire costal inférieur et diaphragmatique. - Les mesures de l'ampliation diaphragmatique, respectivement pour le versant droit, 82, 94, 92, 91, et à gauche, 68, 89, 95, témoignent de la part du muscle d'une souplesse et d'une puissance au-dessus de la normale.

Les mouvements de la coupole sont parfaitement synchronisés, les sinus bien dégagés. L'image diaphragmatique est d'une régularité anatomique normale.

Les mesures de l'ampliation costale, calculées à la troisième et à la cinquième côtes, montrent l'excellence de la musculature para-costale.

La cinématique costo-diaphragmatique est parfaitement synchrone.

Observation II

Raymond V..., cinquante-quatre ans, 56 kg. 200, 1 m. 64.

Antécédents : pleurésie purulente consécutive à un enfoncement du thorax avec fractures de côtes.

Radiographie : séquelles pleurales importantes post-traumatiques.

Spirographie :

Air courant	600 cm³	Capacité vitale	1 l. 5
Air complém^re..	700 cm³	Ventilation minute...	18 l.
Air de réserve..	200 cm³	Vent. maxima minute.	29 l.

Index de dyspnée de Cournand : 38 p. 100.

Digraphie (12 mai 1953) :

Mensurations :

	Droite	Gauche
Troisième côte	3 - 6 - 10 - 18	0
Cinquième côte	5 - 10 - 15 - 22	0
Diaphragme	55 - 52 - 45	0

« A gauche : bande pleurale importante. Malgré un niveau liquidien, on constate l'absence des mouvements diaphragmatiques.

« Les mouvements costaux sont synchrones.

« Le poumon droit assure la plus grande partie d'une ventilation insuffisante. »

Dans le cas d'une lésion unilatérale importante justiciable de l'exérèse, la digraphie renseigne le chirurgien quant à la valeur fonctionnelle du poumon opposé.

Observation III

M^me^ Cécile M..., quarante ans. Hôpital Saint-André.

Décortication proposée pour importante poche pleurale et condensation de la base. Séquelles de pleurésie purulente à pneumocoques.

Spirographie :

Capacité vitale : 1 l. 200.

Digraphie :

Ampliation costale, à droite : { 3^e^ côte : 4 - 6 - 12 - 18. / 5^e^ côte : 5 - 7 - 14 - 18.

Ampliation diaphragmatique ..... 50 - 55.

« Le poumon droit possède une fonction de ventilation compatible avec l'intervention chirurgicale. »

En médecine légale, la *digraphie* nous permet de confirmer et d'approfondir les résultats cliniques d'une expertise.

Observation IV

M. Charles G..., cinquante-six ans.

Antécédents : réformé en 1916, pour rhumatisme articulaire aigu et pleurésie rhumatismale.

Examen clinique : se plaint d'une dyspnée à la marche et à l'effort, accompagnée de sensations douloureuses. Pouls à 92. Thorax allongé. Assourdissements des bruits du cœur, souffle orthosystolique apexien. Tension artérielle : 13,5 - 8. Vitesse de sédimentation : 17 - 28.

Orthodiagramme : pédicule aortique normal. Cœur horizontal, hypertrophié. Dilatation des deux ventricules.

Electro-cardiogramme : rythme sinusal. Axe électrique perpendiculaire à D 2; T 1-T 2 aplatis.

Conclusion. — Cœur horizontal hypertrophié, insuffisance mitrale, état cardio-vasculaire en équilibre instable, tendance à la décompensation.

Examen de la fonction respiratoire (Centre de pneumo-phtisiologie, 12 mai 1953) :

a) Compte rendu spirographique. — « Compte tenu de la taille et du poids du sujet, la valeur de la capacité vitale est

subnormale, mais la disproportion est marquée entre un air complémentaire très augmenté et un air de réserve diminué.

« La pente du versant expiratoire de la capacité vitale est très oblique en son tiers inférieur, ainsi que les pentes expiratoires de la ventilation maxima minute. Le sujet éprouve une difficulté certaine à expirer.

« Cette spirographie signe l'emphysème. »

b) Compte rendu digraphique. — « Type respiratoire costal inférieur et diaphragmatique. Les mesures de l'ampliation diaphragmatique sont, pour le versant droit : 52, 60, 58 mm, et pour le gauche : 50 mm, témoignant d'une souplesse subnormale du muscle.

« Les mouvements costaux sont synchrones.

Mensurations :

	Droite	Gauche
Troisième côte	3 - 7 - 12 - 15	3 - 8 - 13 - 15
Cinquième côte	2 - 8 - 14 - 19	2 - 7 - 15 - 20

« Les mouvements de la coupole sont synchrones, les sinus bien dégagés. L'image diaphragmatique, irrégulière, en « tente », est caractéristique d'un important emphysème, déjà évoqué par l'hyperclarté du parenchyme droit. »

Nous avons dit que la législation française réparant la maladie professionnelle tient compte, en fixant le taux de l'incapacité de travail, surtout des troubles fonctionnels. Dans la pneumoconiose notamment, si les clichés standards montrent l'étendue des lésions, de la tramite réticulonodulaire à la « tempête de neige » silicotique, les épreuves fonctionnelles sont indispensables au médecin expert, la ventilation dans la silicose étant, comme l'on sait, précocement touchée. La *digraphie* a là une indication de plus, et non des moindres.

En phtisiologie, la digraphie est utilisée :

— Pour établir un bilan préthérapeutique :

Observation V

M^me^ D..., quarante-deux ans, 62 kg. Pavillon IV, Xavier-Arnozan.

A droite : lobite supérieure excavée avec lésions de la base. Le poumon opposé paraît intact.

Spirographie :

Air courant	500 cm³	Capacité vitale	1 l. 5
Air complém^re..	700 cm³	Ventilation minute...	12 l.
Air de réserve..	300 cm³	Vent. maxima minute.	31 l.

Index de dyspnée de COURNAND : 61 p. 100.

Broncho-spirométrie (20 mai 1953) : impossible. La caréna est déviée à gauche; la sonde pénètre dans la bronche-souche droite béante et de direction verticale continant la direction de la trachée.

Compte rendu digraphique :

Paralysie complète de la coupole diaphragmatique droite, peut-être due à une compression du phrénique par le processus vraisemblablement fibreux du lobe supérieur droit.

Les mouvements de la ventilation sont perturbés par une intense attraction médiastinale supérieure vers le lobe supérieur droit, entraînant un mouvement de bascule vers la gauche de la partie inférieure du médiastin.

Le poumon droit est fonctionnellement très pauvre, l'ampliation diaphragmatique opposée est satisfaisante, avec 60 millimètres.

OBSERVATION VI

M. Albert Le Ch..., trente-cinq ans, 55 kg., 1 m. 64. Centre Xavier-Arnozan, Service de M. le Docteur TESSIER.

A droite : infiltrat et quelques nodules hétérogènes à la tomographie. Base fibrosée.

A gauche : cavité du sommet de FOWLER entouré de quelques nodules.

Spirographie :

Capacité vitale	2 l. 500
Ventilation maxima minute	42 litres.

Compte rendu digraphique :

Le poumon gauche ventile de façon satisfaisante.

Mensurations :

	Droite	Gauche
Troisième côte	0	2 - 6 - 16
Cinquième côte	0	2 - 6 - 14
Diaphragme	0	70

Le parenchyme droit semble attiré et fixé par un processus de fibrose. Le diaphragme droit ne joue pas; les ampliations costales sont minimes. Le médiastin est attiré à droite. L'hyperclarté de la base gauche, associée à la faiblesse fonctionnelle du poumon droit et une capacité vitale importante, évoque un mécanisme d'emphysème compensateur de la base gauche, qui semble hyperventiler.

Observation VII

M. Antoine M... vingt-deux ans. Pavillon V, Centre Xavier-Arnozan, Service de M. le Docteur Fréour.

Petites lésions infiltrées du sommet gauche. Pachypleurite rendant impossible la création d'un pneumothorax.

Compte rendu digraphique :

Type respiratoire costal inférieur et diaphragmatique. Bon synchronisme des mouvements de ventilation et d'expansion de la cage thoracique.

A droite comme à gauche, les ampliations diaphragmatiques sont normales.

Mensurations :

	Droite	Gauche
Troisième côte	3 - 12 - 28	2 - 10 - 25
Cinquième côte	2 - 5 - 15	3 - 10 - 20
Expansion thoracique.	15	15
Diaphragme	53 - 66 - 60	50

Observation VIII

M. Bel... Pavillon VI.

Infiltration diffuse du sommet gauche; infiltration excavée du sommet droit avec spélonque sous-claviculaire.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte	5 - 7 - 10 - 20	6 - 14 - 18
Cinquième côte	4 - 5 - 7 - 14	5 - 5 - 9 - 21
Diaphragme	5 - 0 - 0	11 - 12 - 16

Asynchronisme respiratoire. Si les ampliations costales montrent les mouvements des côtes, l'ampliation diaphragmatique gauche est faible; à droite, tout à fait insuffisante.

Fonction respiratoire très altérée, la pauvreté fonctionnelle prédominant à droite.

Observation IX

M^lle Rolande Gui... Centre Xavier-Arnozan, Pavillon III.

Séquelles pleurales, atteinte pharyngo-laryngée et miliaire aiguë.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte	5 - 7 - 10	2 - 5 - 5
Cinquième côte	4 - 6 - 9	2 - 4 - 5
Diaphragme	3 - 4 - 3	15 - 18

Ampliation costale plus importante à droite, ampliation diaphragmatique plus importante à gauche. Asynchronisme costo-diaphragmatique. Noter la faiblesse de la coupole droite.

La digraphie nous permet de constater la répercussion fonctionnelle des séquelles pleurales.

Observation X

M. André M... Centre Xavier-Arnozan, Pavillon V, service du Docteur Fréour.

Importantes séquelles de pleurésie bilatérale.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte	3 - 3 - 5 - 10	2 - 3 - 4
Cinquième côte	0 - 2 - 5 - 9	3 - 3 - 4
Diaphragme	18 - 20 - 14	5

Poumon droit : insuffisance de l'ampliation costale mesurée aux troisième et cinquième côtes. Ampliation diaphragmatique faible.

Poumon gauche : pauvreté fonctionnelle marquée à gauche, fonction respiratoire globale très altérée, en rapport avec les résultats spirographiques.

Air courant	440 cm³	Capacité vitale.....	700 cm³
Air complém^re..	220 cm³	Ventilation minute...	15 l.
Air de réserve..	40 cm³	Vent. maxima minute.	20 l.

Index de dyspnée de Cournand : 25 p. 100.

Observation XI

M. Robert Ap... Centre Xavier-Arnozan, Pavillon VI.

Infiltration excavée de la région axillaire droite. Séquelles pleurales à droite, prédominant à la base.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte	6 - 2	1 - 5 - 12
Cinquième côte	5 - 2	1 - 3 - 5 - 10
Diaphragme	10 - 5 - 2 - 0	22 - 15

Asynchronisme costal et diaphragmatique. La ventilation du poumon gauche est faible. L'ampliation diaphragmatique droite est tout à fait insuffisante. L'ensemble du poumon droit est altéré fonctionnellement.

Noter l'attraction trachéale vers la droite.

De même, la digraphie est indiquée avant toute intervention.

Observation XII

M. Alain L..., dix-sept ans, 1 m. 60, 49 kg. Centre Xavier-Arnozan, Pavillon III.

Pleurésie séro-fibrineuse en 1948. Spélonque de la base droite, rebelle à toute thérapeutique médicale. Lobectomie envisagée.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte	5 - 11 - 20 - 30	6 - 10 - 12 - 20
Cinquième côte	6 - 16 - 28 - 34	5 - 10 - 14 - 20
Diaphragme	25 - 30	25 - 25 - 20

Compte tenu de l'âge et de la taille du sujet, les ampliations costales sont satisfaisantes, plus marquées à droite qu'à gauche. Léger asynchronisme.

Type respiratoire costal inférieur. Diaphragme régulier, ampliations satisfaisantes.

La lésion de la base droite ne paraît pas retenir sensiblement sur la fonction respiratoire du poumon droit; le gauche semble fonctionnellement intact.

Observation XIII

M. Moun..., quarante-huit ans, 1 m. 81, 65 kg. 500. Centre Xavier-Arnozan, Pavillon VI.

Lobite supérieure droite excavée. Thoracoplastie envisagée.

Compte rendu digraphique :

	Droite	Gauche
Troisième côte ..	4 - 12 - 20 - 30	5 - 12 - 15 - 20
Cinquième côte ..	5 - 12 - 18 - 25 - 40	5 - 10 - 15 - 30
Diaphragme	60 - 75 - 60	65 - 70 - 63

A droite comme à gauche, fonction ventilatoire très satisfaisante, en rapport avec les données spirographiques (capacité vitale : 4 litres).

Type respiratoire costal inférieur et diaphragmatique. Bon synchronisme des muscles de la ventilation.

La digraphie constitue un important appoint pour établir le mode de colapsothérapie et son intensité éventuelle.

Observation XIV

M. Georges Cons..., trente-deux ans, 1 m. 70, 67 kg., plombier. Centre Xavier-Arnozan, Pavillon VI.

Caverne droite sous-claviculaire. Une tentative de création de pneumothorax échoue. Spirographie et digraphie.

On décide la création d'un pneumo-péritoine. Insufflation : 800 cm³ une heure après digraphie.

Compte rendu digraphique :

		Droite	Gauche
Avant pneumothorax	3e côte	5 - 8 - 11 - 15 - 22	4 - 6 - 12 - 19
	5e côte	3 - 6 - 10 - 22	5 - 9 - 14 - 20
	diaphragme.	50 - 58 - 58	50
	Capacité vitale : 3 l. 200.		
Après pneumothorax	3e côte	2 - 5 - 10 - 15	3 - 6 - 12
	5e côte	5 - 10 - 12 - 20	3 - 5 - 11 - 16
	diaphragme.	46 - 45 - 45	45 - 40 - 42
	Capacité vitale : 3 l. 050.		

Enfin, on pourrait étendre les indications de la digraphie à des sujets présentant des déformations et rigidités thoraciques (spondylose, gibbosité, etc.).

INSUFFISANCE DE LA MÉTHODE DIGRAPHIQUE

La méthode digraphique est quelque peu insuffisante. Elle est d'abord fonction de la bonne volonté du sujet. Mais quelle est la méthode d'exploration fonctionnelle qui ne réclame pas une coopération plus ou moins intelligente ? Et nous verrons que le principal avantage de la digraphie réside en ce minimum d'efforts que nous demandons au malade.

La digraphie, d'autre part, n'étudie qu'un mouvement respiratoire unique. Mais en attendant l'ère du cinéma radiologique, il semble que les résultats de la méthode sont suffisamment intéressants pour apprécier utilement la ventilation examinée. D'ailleurs, systématiquement, nous examinons préalablement le sujet en radioscopie. L'étude de l'ampliation costale est difficile à interpréter, nous l'avons déjà dit. Mais il est incontestable que des pentes costales importantes coïncident avec une spirographie aux mesures satisfaisantes, de même des lésions radiologiques de séquelles pleurales sont le plus souvent marquées par une forte diminution ou une absence de variations costales.

Enfin, la possibilité de simulation ne nous paraît pas importante, le moindre doute appelle la spirographie simultanée de contrôle.

Nous pensons, en conclusion, qu'après une étude radioscopique de la cinématique thoracique, des explications détaillées doivent être données au malade, jointes à une ou plusieurs répétitions des mouvements extrêmes de la ventilation. Notre expérience en cette pratique est satisfaisante.

AVANTAGES DE LA DIGRAPHIE

Simple et pratique, cette méthode est facile à manier. Sa technique aisée est à la portée de tous. Un auxiliaire médical entraîné peut aisément réaliser la prise des clichés,

Peu onéreux, chaque examen revient, dans la pratique, au coût d'un cliché radiologique. Il n'est pas inutile de constater le faible prix de revient et d'installation de l'appareil.

La digraphie, enfin, n'est pas traumatisante, les seuls efforts demandés au malade sont une inspiration et une expiration forcées.

D'autre part, en plus de l'intérêt propre que présente le procédé digraphique, le même cliché va servir de base à une seconde méthode d'exploration fonctionnelle des poumons séparés : la *densimétrie*.

LA MÉTHODE DENSIMÉTRIQUE

Examinons le cliché digraphique sur lequel nous avons déjà étudié les mouvements des côtes et du diaphragme. Chaque bande représente, nous l'avons vu, une plage pulmonaire photographiée soit en inspiration, soit en expiration forcées.

Nous remarquons facilement que les parties du parenchyme comprises entre les images des côtes sus et sous-jacentes n'ont pas, aux deux mouvements extrêmes de la ventilation, la même opacité.

En effet, nous savons que, physiologiquement, au cours d'une inspiration forcée, la pénétration de l'air qui déplisse les alvéoles et écarte le parenchyme se traduit, en radioscopie, par une augmentation de l'éclairement pulmonaire.

A l'expiration forcée, mouvement inverse, on note une diminution très nette de cet éclairement pulmonaire. Ce mécanisme se traduit par une densité radiologique plus faible du poumon en inspiration sur le poumon en expiration.

Lors de l'inspiration, la densité optique diminue, le cliché montre une image plus claire. L'intensité de cette clarté est fonction :

— De la quantité d'air intra-alvéolaire;

— De la pression alvéolaire;

— De la quantité de sang contenue dans le système circulatoire intra-pulmonaire.

A l'inspiration, la clarté pulmonaire, en augmentant, est

la résultante de l'effet scopique air-sang. En effet, cette image inspiratoire est obtenue par la combinaison :

— D'un facteur d'hyperclarté : la pénétration de l'air dans les alvéoles;

D'un facteur d'assombrissement : l'hyperhémie inspiratoire. A l'inspiration, la masse de sang augmente, les capillaires se dilatent, la circulation est plus active.

Mais cette augmentation de la vascularisation est normalement proportionnelle au courant aérien correspondant. On pourra donc négliger le facteur vasculaire, sous la condition expresse qu'il n'existe pas, chez le sujet examiné, un « court-circuit » fonctionnel ou anatomique intra-pulmonaire. Une saturation oxyhémoglobinée normale élimine cette éventualité.

La méthode densimétrique se propose de mesurer au photocolorimètre les différences de densité optique d'une même zone pulmonaire précédemment radiographiée en inspiration forcée, puis en expiration forcée, sur un film digraphique.

En comparant la moyenne des différences de densité trouvée en différents points du champ pulmonaire droit avec celle trouvée en des points homologues du champ gauche, il est aisé de chiffrer, en pourcentage, la participation de chaque poumon à la ventilation globale.

HISTORIQUE DE LA MÉTHODE DENSIMÉTRIQUE

L'étude des différences de densité radiologique des champs pulmonaires est relativement ancienne. Ce fut STUMPF, de Zurich, qui, en 1932, mit au point une méthode d'inscription de la densité du film radiologique, grâce à une cellule photo-électrique reliée à un oscillographe.

En 1946, KOURILSKY présentait à la Société médicale des Hôpitaux de Paris la cinédensigraphie qui se propose d'enregistrer les variations de densité se produisant à l'intérieur d'un organe animé de battements, en détectant, au moyen d'une cellule photo-électrique reliée à un oscillographe, les modifications de l'image radioscopique.

MARCHAL et BARCELO utilisèrent cette méthode en pathologie respiratoire, notamment dans le diagnostic des tumeurs intra-parenchymateuses.

Enfin, MARCHAL, d'après les travaux de LIAN et MINOT, applique cette méthode à la mesure de la capacité respiratoire et enregistre, au moyen d'une cellule photo-électrique, les variations du flux de rayons X qui traversent une zone déterminée de parenchyme pulmonaire. Il obtient un tracé dont la largeur est fonction de la quantité d'air présente dans le poumon. Il compare le densigramme inspiratoire et le densigramme expiratoire en mesurant la largeur de la courbe et en faisant la différence entre les deux amplitudes, inspiratoire et expiratoire. Il obtient ainsi la valeur de la capacité pulmonaire locale.

MARCHAL perfectionne et met au point cette méthode qu'il appelle la densiradioscopie. Une cellule photo-électrique est convenablement placée devant un écran radioscopique.

Les variations du flux de rayons X correspondant aux variations de luminosité sur l'écran impressionnent la cellule photo-électrique. Elles donnent naissance à des variations de courant enregistrées grâce à un oscillographe. On obtient ainsi une courbe lumineuse sur le cylindre mobile phosphorescent d'un électro-fluoroscope du type Lian-Minot.

Mais, opérant dans l'obscurité, les expérimentateurs de la méthode de Marchal doivent se fier plus largement à la bonne volonté du sujet. L'effort demandé au sujet, représenté par huit ou dix expirations et inspirations forcées, n'est pas négligeable; la détermination sur l'écran des régions homologues est assez aléatoire; enfin, l'exposition trop longue aux rayons X est aussi un des inconvénients de la méthode.

C'est tout le mérite de l'école nancéenne d'avoir appliqué ces notions à la recherche d'une méthode plus simple. Simonin, Girard, Sadoul et Grillat envisagèrent d'abord l'utilisation d'une seule cellule photo-électrique reliée à un galvanomètre, pour explorer les radiographies. Ce montage simple exposait à de nombreuses causes d'erreurs, telles que la fatigue de la cellule et l'obligation d'effectuer des étalonnages répétés. Ils adoptèrent alors un montage en opposition de deux cellules photo-électriques utilisées comme élément de comparaison. La fidélité des mesures dépendait moins de la nature, de la qualité ou de la modification des cellules. Le montage présentait, en outre, l'avantage d'être à l'abri des variations de la source lumineuse due aux fluctuations du secteur.

Etudiant tout d'abord deux radiographies, une en inspiration, l'autre en expiration, les auteurs lorrains devaient avoir des déceptions. C'est alors qu'ils eurent l'idée d'utiliser la méthode de l'Argentin Pollitzer, en remplaçant les deux radiographies par le seul cliché digraphique.

Technique

A la suite des travaux des auteurs nancéens, nous utilisons, au Centre de pneumo-phtisiologie Xavier-Arnozan, le photo-colorimètre absolu de Bonet-Maury, type Jouan, et légèrement modifié. Cet appareil utilise deux cellules photo-électriques mises en opposition, ce qui les rend pratiquement indépendantes du vieillissement, de la fatigue, des variations de température ou de sensibilité spectrale (*).

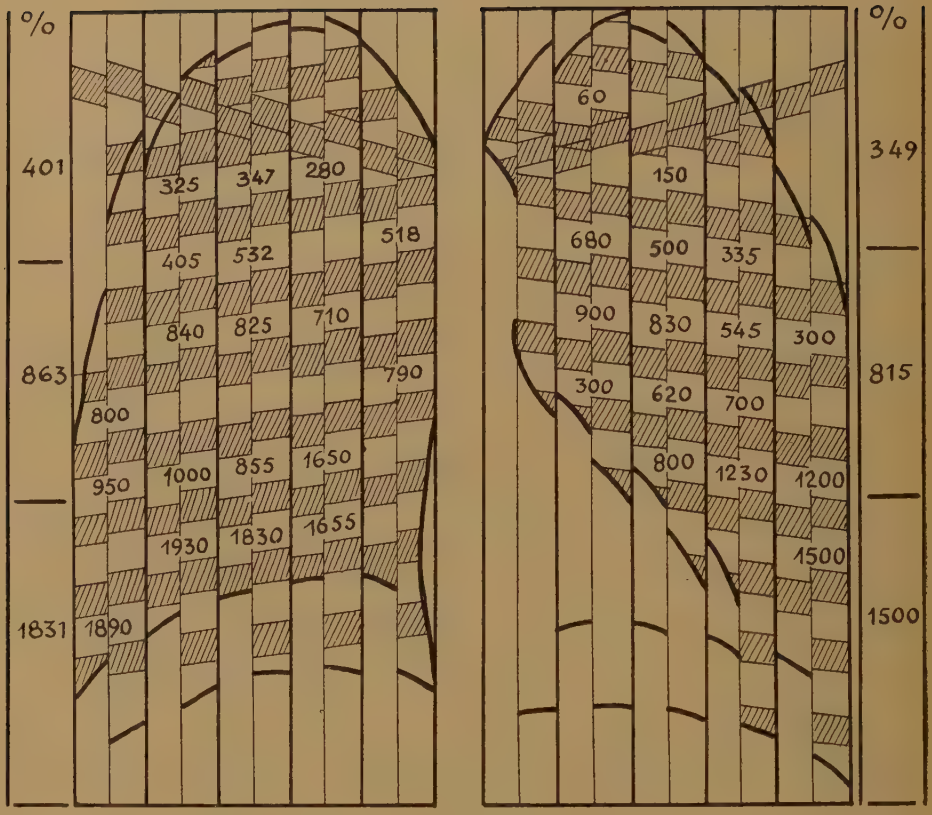
Le support de la cuve originale a été remplacé par une pince où l'on insère la radiographie, et que nous avons faite construire par un artisan nancéen. La cellule photo-électrique de mesure est montée dans l'axe du faisceau lumineux, ce qui permet le centrage par visée directe de la digraphie à l'emplacement choisi. Une palette de mesure, constituée par quatre spirales logarithmiques, permet d'obtenir par son déplacement une absorption égale à la densité cherchée. Cette palette rotative, interceptant une fraction du rayon lumineux incident, permet de reproduire l'opacité constatée. La forme de la palette est telle que la seule lecture donne directement la densité optique : logarithme des rapports des intensités lumineuses incidente et transmise. La mesure se fait alors directement sur une échelle graduée.

La lecture directe permet donc d'obtenir un chiffre qui traduit la différence de densité optique aux deux positions extrêmes d'une plage pulmonaire considérée.

Nous mesurons alors des plages pulmonaires, en prenant soin de ne point interposer des images costales, aux bases, à la partie moyenne et au sommet de chaque poumon. Nous faisons alors la moyenne des chiffres obtenus pour chaque région, puis pour chaque poumon.

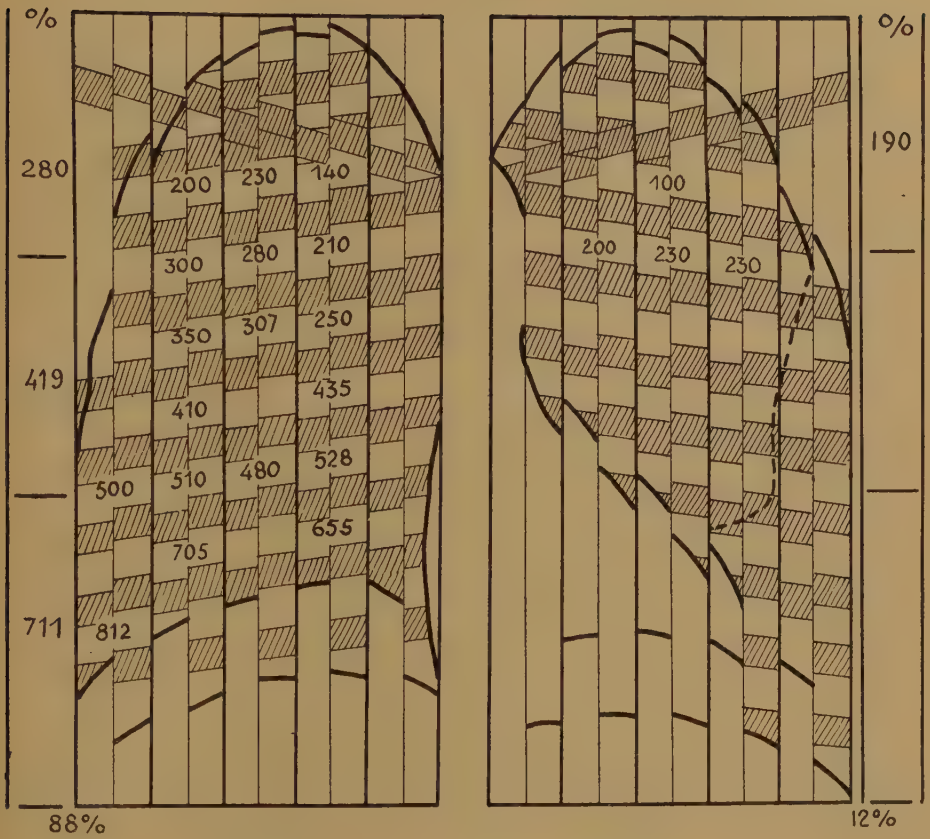
La comparaison de tous ces chiffres permet d'étudier la différence entre les régions de l'un ou de l'autre poumon, et, pour une capacité globale donnée, de faire la part de chaque poumon.

(*) Nous tenons à remercier ici M. Quéré, ingénieur chimiste à Bordeaux, qui nous a aidé dans la mise au point de l'appareil.



Densimétrie normale d'un adulte moyen.

On voit que les bases respirent mieux que les sommets. Nous avons établi les moyennes des chiffres obtenus dans les trois régions pulmonaires adoptées : base, partie moyenne, partie supérieure.



Densimétrie d'une insuffisance respiratoire.

(Capacité vitale : 1 l. 200.)

Exploration des poumons séparés. — Un rapide calcul montre que le poumon droit et le poumon gauche respirent chacun dans les proportions suivantes de la ventilation globale : droit, 88 %; gauche, 12 %.

Fidélité de la méthode

Le critère fondamental de l'intérêt de la densimétrie était lié à l'absolue fidélité de cette méthode. Le 2 juillet 1950, les auteurs nancéens publiaient dans le *Journal français de Médecine et de Chirurgie thoracique,* un tableau comparatif d'exploration densimétrique chez vingt-quatre malades ayant eu une broncho-spirométrie.

A la séance du 24 novembre 1950 de la Société médicale des Hôpitaux de Paris, les mêmes auteurs comparent la valeur de la densimétrie et de la broncho-spirométrie pratiquées simultanément chez quarante-cinq malades.

Les résultats concordaient absolument, les deux méthodes étaient superposables.

Inconvénients de la densimétrie

La méthode n'est pas sans inconvénients. Il est tout d'abord impossible d'explorer la zone infra-cardiaque ainsi qu'une partie du lobe inférieur gauche. D'autre part, on voit la nécessité d'opérer, à droite comme à gauche, sur des surfaces comparables. Dans le cas d'un poumon collabé, il faut introduire dans le calcul un facteur de correction des surfaces, évaluées sur le cliché par planimétrie. Enfin, il faut savoir que la méthode densimétrique ne peut pas être utilisée dans certains cas : lésions étendues ou confluentes, pachypleurite intense ou fibro-thorax.

Intérêt et avantages de la méthode densimétrique

Méthode simple et séduisante, possédant les mêmes avantages et indications que la digraphie; la densimétrie ne modifie en rien la fonction respiratoire du sujet examiné. La « carte » de respiration qu'elle permet de tracer, jointe à la « carte » de ventilation digraphique, juge des progrès de la rééducation respiratoire.

Si l'on excepte le travail de patience que représentent les multiples mesures au photo-colorimètre, la densimétrie

est facile à manier. Non traumatisante, elle n'exige du malade qu'un simple cliché. Particulièrement intéressante chez l'enfant, alors qu'on doit toujours hésiter à pratiquer chez lui une séparation des airs, elles est d'une inocuité absolue et respecte les conditions physiologiques.

En outre, à la suite des travaux de WESTERMACK, on peut étudier par la densimétrie la circulation pulmonaire. On prend un cliché en inspiration forcée : après avoir déplacé la grille digraphique, on fait un second cliché en faisant exécuter au malade la manœuvre de VALSALVA, en demandant une expiration forcée, glotte fermée. Les capillaires se vident de sang, le cliché s'éclaircit, la différence de densité optique doit permettre d'apprécier l'importance de la circulation intra-parenchymateuse.

Enfin, le grand avantage de la densimétrie consiste en sa possibilité de remplacer la broncho-spirométrie dans beaucoup de ses indications.

La broncho-spirométrie est un procédé direct, précis et scientifique. Elle assure une exploration séparée complète permettant de mesurer pour chaque poumon la capacité vitale, l'air courant, les airs complémentaires et de réserve, les ventilations minute et maxima, ainsi que la consommation d'oxygène. Mais, d'une technique difficile, elle est liée à l'introduction d'un corps étranger dans les voies aériennes, modifiant ainsi les conditions physiologiques de la respiration. De plus, l'anesthésie et la fatigue de l'opération ne sont pas toujours bien supportées; parfois, aussi, une déviation anatomique de la caréna ou l'attraction trachéale rendent impossible le passage de la sonde dans la bronche souche gauche.

Si la broncho-spirométrie conserve cependant ses indications majeures, il est extrêmement intéressant, pour obtenir des résultats identiques, de pouvoir substituer à ce procédé direct, une méthode indirecte d'exploration fonctionnelle des poumons séparés.

CONCLUSIONS

Si, pour explorer l'étape pulmonaire de la fonction respiratoire, la broncho-spirométrie, par exemple, est d'une incontestable utilité par la précision de ses renseignements et la fidélité de ses résultats, il n'en demeure pas moins qu'il s'agit là d'un procédé d'investigation brutal, non physiologique, et dont la technique spécialisée est sujette à de nombreux échecs.

C'est pourquoi, insistant sur le respect dû à la personne humaine, des pneumologues se sont attachés à mettre au point des méthodes indirectes de mesure, dans le souci d'éviter à un malade souvent fatigué le choc d'une exploration désagréable et plus ou moins traumatisante.

Inspirée des travaux du Professeur Creyx, la *pneumodensidigraphie*, née de l'association de la méthode d'exploration de la cinématique thoracique de l'Argentin Pollitzer et de l'étude des différences de densité optique de points homologues du parenchyme pulmonaire aux deux temps extrêmes de la ventilation, bien étudiée par Marchal et Kourilsky, en 1946, et mise au point à l'Hôpital Villemin, de Nancy, par Girard, Sadoul et Grilliat, est une méthode indirecte d'exploration fonctionnelle des poumons séparés qui présente de grands avantages.

Simple et pratique, peu onéreuse, non traumatisante, dont la technique aisée est à la portée de tous, la pneumodensidigraphie permet de donner aux chirurgiens thoraciques, aux médecins experts, aux thérapeutes de la pneumo-phtisiologie, d'utiles renseignements sur la fonction respiratoire du sujet examiné.

Mais un bilan respiratoire complet ne saurait être établi par l'utilisation d'une seule méthode d'exploration fonctionnelle. La spirographie, la broncho-spirométrie, les examens chimiques, l'oxymétrie cutanée peuvent compléter l'étude de la cinématique pulmonaire.

Une étude de la fonction respiratoire est faite de l'association et de la synthèse de plusieurs examens de laboratoire et méthodes d'exploration; parmi ces méthodes, la pneumodensidigraphie est destinée à prendre une place de premier plan.

SERMENT

En présence des Maîtres de cette Ecole, de mes condisciples, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité dans l'exercice de la Médecine.

Je donnerai mes soins à l'indigent et n'exigerai jamais un salaire au-dessus de mon travail. Admis dans l'intérieur des maisons, mes yeux ne verront pas ce qui s'y passe; ma langue taira les secrets qui me seront confiés, et mon état ne servira pas à corrompre les mœurs ni à favoriser le crime.

Reconnaissant envers mes Maîtres, je tiendrai leurs enfants et ceux de mes confrères pour des frères, et s'ils devaient apprendre la médecine ou recourir à mes soins, je les instruirais et les soignerais sans salaire ni engagement.

Si je remplis ce serment sans l'enfreindre, qu'il me soit donné de jouir heureusement de la vie et de ma profession, honoré à jamais parmi les hommes. Si je le viole et que je me parjure, puissé-je avoir un sort contraire.

Vu :
Pour le Doyen :
L'Assesseur,
R. SIGALAS.

Vu, bon à imprimer :
Le Président,
F. PIÉCHAUD.

Vu et permis d'imprimer :
Bordeaux, le 12 Juin 1953.
Le Recteur,
G. DELAGE.

BIBLIOGRAPHIE

Arnaud, Tulou & Mérigot. — Exploration de la fonction respiratoire. Masson, édit., 1947.

Arnaud, Tulou & Mérigot. — Exploration fonctionnelle des poumons séparés. *Presse Médicale,* 1943, n° 44, p. 647.

Bezançon. — Exploration fonctionnelle des poumons séparés par cathétérisme des bronches. *Presse Médicale,* 29 avril 1936, n° 35.

Bezançon, Braun, Soulas, Cachin & Guillaumin. — Examen fonctionnel des poumons séparés par le cathétérisme bronchique. *Presse Médicale,* 1936, n° 35.

Bezançon, Braun, Soulas & Guillaumin. — Division des airs, examen fonctionnel des poumons séparés. *Bulletin de l'Académie de Médecine,* 1936, t. 1.

Birath & Kallquiste. — Grille d'enregistrement des mouvements respiratoires, les deux phases étant sur le même film. *Nordisk Medizin,* 10 mars 1950, n° 10, pp. 427-429.

Braun. — L'exploration fonctionnelle des poumons séparés par broncho-spirométrie. Thèse, Nancy, 1951.

Breton & Mereau. — Intérêt des épreuves fonctionnelles respiratoires par air séparé en chirurgie thoracique. *Le Poumon,* 1947, t. 3, n° 5.

Bruce. — Etude broncho-spirométrique de la fonction pulmonaire après abandon du pneumothorax. *Acta Tuberculosea Scandinavica,* 1945, t. 19, pp. 1-2.

Creyx. — Les variations respiratoires des dimensions thoraciques à l'état normal et dans l'emphysème pulmonaire. Thèse, Bordeaux, 1912, n° 125.

Fabre & Rougier. — Physiologie médicale. Maloine, Paris.

GIRARD. — La cinématique pulmonaire chez les silicotiques. Journées lorraines de la silicose, 13 décembre 1950.

HUTCHINSON. — Sur la capacité des poumons et la fonction respiratoire. *Tr. Méd. Chirurg.*, 1846, t. 29, p. 137.

KOURILSKY, MARCHAL & BARCELO. — Un nouveau mode d'exploration de la circulation pulmonaire : la pneumodensigraphie. *Journal français de Médecine et Chirurgie thoracique*, 1949, t. 6, pp. 556-573.

JEUNE. — Les troubles de la ventilation chez l'enfant en dehors de la tuberculose. *Bulletin de la Société de broncho-œsophagologie et de gastroscopie de langue française*, 1950.

LABESSE. — Une nouvelle méthode d'exploration fonctionnelle des poumons séparés. *Revue de la Tuberculose*, 1946, t. 10, n°s 3-4.

LABATAILLE. — Exploration de la fonction respiratoire chez l'enfant et l'adolescent. Thèse, Bordeaux, 1950.

LEFEBVRE. — Sur un moyen simple d'étude de la cinématique thoracique : la grille opaque. *Revue de la Tuberculose*, 1936, pp. 804-806.

LIAN & MINOT. — La radio-électro-kymographie. *Archives des Maladies du Cœur*, 1946, t. 10, pp. 339-345.

LIAN & MINOT. — La radio-électro-kymographie. *Archives des Maladie du Cœur*, 1948, t. 12.

LEFORT. — La ventilation au cours du pneumothorax thérapeutique. Thèse, Nancy, janvier 1950.

LUBOSHEZ. — Une méthode pratique de cinéradiographie. *Paris Médical*, 1929, pp. 117-118.

MARCHAL. — De l'enregistrement des pulsations invisibles du parenchyme pulmonaire ainsi que des pulsations cardio-vasculaires par la cinéradiographie. *Archives des Maladies du Cœur*, 1916, n°s 9-10, pp. 345-359.

MARCHAL. — Mesure de la capacité respiratoire locale ou générale par la cinédensigraphie aux rayons X. Séance de la Société française de pathologie respiratoire du 10 juillet 1949. Compte rendu in *Journal français de Médecine et Chirurgie thoracique*, 1949, t. 6, pp. 574-581.

NAGEOTTE & WILBOUCHEWITCH. — Le périmètre thoracique et l'amplitude respiratoire chez l'enfant. *Bull. de la Société de Pédiatrie*, octobre 1905.

Piéchaud, Fréour, Nappée & Labataille. — Etudes sur les fonctions respiratoires chez l'enfant et chez l'adolescent. *Journal de Médecine de Bordeaux et du Sud-Ouest,* mars 1951, n° 3, pp. 403-409.

Piéchaud, Fréour & Nicolas. — L'exploration de la fonction respiratoire chez l'enfant. *Pédiatrie,* 1952, n° 7.

Piéchaud, Laumonier, Depaulis & Fréour. — Considérations sur la collapsothérapie chirurgicale de l'enfant et de l'adolescent. Rapport aux Journées Médicales toulousaines, 1949.

Pinner, Zavod & Leiner. — Capacité fonctionnelle des poumons normaux, des poumons sévèrement atteints, des poumons après thoracoplastie et après réexpansion du pneumothorax. *Journal of Thoracic Surgery,* 1942.

Pollitzer. — Digraphia. Thèse, Buenos-Ayres, 1937.

Pollitzer. — La digraphie pulmonaire. *Presse Médicale,* 9 août 1938, pp. 1092-1094.

Ratner. — Etude sur le périmètre thoracique, l'amplitude respiratoire et la grande envergure chez les enfants. Thèse, Paris, 1931.

Reynolds. — Cinéradiographie. *British Journal of Radiology,* 1934, pp. 415-424.

Roche. — L'appréciation des troubles fonctionnels dans l'expertise des silicotiques. Journées lorraines de la silicose, 13 décembre 1950.

Sicard. — Moyens d'exploration fonctionnelle de la respiration chez l'enfant. Thèse, Paris, 1922.

Simonin, Girard, Sadoul et Grilliat. — Digraphie et densimétrie pulmonaire. *Bulletins et Mémoires de la Société Médicale des Hôpitaux de Paris,* 1950, n^{os} 31-32.

Simonin, Girard, Sadoul, Grilliat, Magnin & Pagnon. — Intérêt de la digraphie pulmonaire. Société française de pathologie respiratoire, séance du 2 juillet 1950.

Tulou. — Sur un service des voies respiratoires aux U. S. A. *Bull. et Mém. de la Soc. de Méd. de Passy,* 1947, n° 24.

Tulou. — L'exploration fonctionnelle du poumon au cours de la tuberculose pulmonaire. Rapport au X^{e} Congrès de la Tuberculose, 1948. Masson, édit., Paris, p. 301.

Tulou & Thoreux. — Valeur fonctionnelle du poumon antérieurement collabé par pneumothorax. Nécessité d'explorer les poumons séparés. *Bull. et Mém. de la Soc. de Méd. de Passy,* 1950, n° 29.

Vaccarezza, Soubrie & Rey. — Examen fonctionnel de chaque poumon avant et après la paralysie du nerf phrénique. *Diseases of the Chest,* 1948, t. 14, n° 4, p. 580.

Bordeaux. — Impr. E. Drouillard, place de la Victoire, 3.